Geschwindigkeit von Elektronen, die durch weiche Röntgenstrahlen erzeugt werden.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Hohen Philosophischen Fakultät

der

Vereinigten Friedrichs-Universität Halle-Wittenberg

vorgelegt

von

Emil Everling
aus Halle a. S.

AGAD
LUBLBAT
BIBL.

Halle a. S.
Buchdruckerei des Waisenhauses.
1912.

Referent: Geh. Regierungsrat Prof. Dr. Dorn.

Inhalt.

1. Einleitung. Literatur 5
2. Methode 7
3. Versuchsanordnung 8
4. Gang der Versuche 12
5. Fehlerquellen 13
6. Ergebnisse 17
   a) mit Platin 17
   b) mit Aluminium 21
7. Besprechung der Ergebnisse 24
8. Zusammenfassung 24

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41544726_0124

1. Einleitung. Literatur.

Ein von Röntgenstrahlen getroffener Körper sendet unter geeigneten Versuchsbedingungen zwei Arten von Strahlen aus:

1. Sekundäre Röntgenstrahlen, schon 1898 von Röntgen[1] und anderen gefunden. Sie werden nach Barkla[2] eingeteilt in homogene und zerstreute Strahlen. Ich will sie als S-Strahlen bezeichnen, zum Unterschied von den

2. Sekundären Kathodenstrahlen, die von Sagnac[3] vermutet, 1900 von Dorn[4] entdeckt wurden und deshalb als D-Strahlen bezeichnet werden sollen. Die Geschichte ihrer Entdeckung ist vielfach nicht ganz richtig dargestellt worden, man vergleiche dazu die Bemerkung von Dorn[5], in Übereinstimmung mit dem Bericht von Sagnac[6].

Die weitere Literatur bis zum 31. August 1909 gibt R. Ladenburg[7] in seinem Bericht: „Die neueren Forschungen über die durch Licht- und Röntgenstrahlen hervorgerufene Emission negativer Elektronen".

Von späteren Arbeiten waren mir bis zum 18. April 1912 bekannt:

1909:

1. Ch. A. Sadler, Homogene Korpuskularstrahlung, Nat. 81, 516.
2. J. Stark, Über Röntgenstrahlen und die atomistische Konstitution der Strahlung, Physik. ZS. 10, 579—586.

---

1) C. Röntgen, Wied. Ann. 64, 18—37, 1898. G. Sagnac, Ann. d. Chim. et d. Phys. (7), 22, 493, 1901.

2) Vgl. hierzu die Berichte: Ch. G. Barkla, Rad. und Elektronik 5, 246—324, 1908 und 7, 1—15, 1910.

3) G. Sagnac, L'éclair. électr. 18, 41—48, 1899.

4) E. Dorn, Natf. Ges. Halle 22, 39—43, 1900, Arch. néerl. (2), 5, Lorentz-Jubelband 595—608, 1900.

5) E. Dorn, Physik. ZS. 13, 31—32, 1912.

6) G. Sagnac, Physik. ZS. 7, 41—50, 1906.

7) R. Ladenburg, Rad. und Elektronik 6, 425—484, 1909.

2a. J. Stark, Zur experimentellen Entscheidung zwischen Ätherwellen- und Lichtquantenhypothese: I. Röntgenstrahlen, Physik. ZS. 10, 902—913.

1910:

3. J. Herweg, Über die Fortpflanzungsrichtung der von Röntgenstrahlen ausgelösten sekundären Kathodenstrahlen, Physik. ZS. 11, 170—171.
4. L. Vegard, Über die Polarisation der X-Strahlen verglichen mit ihrer Fähigkeit, schnelle Kathodenstrahlen auszulösen, Proc. Roy. Soc. (A), 83, 379—393.
5. Ch. A. Sadler, Homogene Korpuskularstrahlung, Phil. Mag. (6), 19, 337—356.
6. R. D. Kleeman, Die Gesamtionisation in verschiedenen Gasen durch die von X-Strahlen ausgelösten Kathodenstrahlen, Proc. Roy. Soc. (A), 84, 16—24.
7. W. Seitz, Geschwindigkeit von Elektronen, welche durch weiche Röntgenstrahlen erzeugt werden, Physik. ZS. 11, 705—708.
8. R. T. Beatty, Die Erzeugung von Kathodenstrahlteilchen durch homogene Röntgenstrahlen, Cambridge Proc. 15, 416—422.
9. R. T. Beatty, Über eine Dissymmetrie bei der Emission von Kathodenstrahlteilchen, welche durch homogene Röntgenstrahlen erzeugt werden, Cambridge Proc. 15, 492—494.
10. R. T. Beatty, Die Erzeugung von Kathodenstrahlteilchen durch homogene Röntgenstrahlen und ihre Absorption in Wasserstoff und Luft, Phil. Mag. (6), 20, 320—330.
11. R. T. Beatty, Die Ionisation schwerer Gase durch X-Strahlen, Cambridge Proc. 16, 46—47.
12. R. Whiddington, Vorläufige Mitteilung über die Eigenschaften leicht absorbierbarer Röntgenstrahlung, Cambridge Proc. 15, 574 bis 575.

1911:

13. R. T. Beatty, Titel wie [11], Proc. Roy. Soc. (A), 85, 230—239.
14. W. H. Bragg und H. L. Porter, Energieumsetzungen von X-Strahlen, Proc. Roy. Soc. (A), 85, 349—365.
15. Ch. A. Sadler, Die Umwandlung der Energie homogener Röntgenstrahlung in Energie der Korpuskularstrahlung, Phil. Mag. (6), 22, 447—458.
16. R. Whiddington, Erzeugung und Eigenschaften weicher Röntgenstrahlung, Proc. Roy. Soc. (A), 85, 99—118.

17. R. Whiddington, Die Geschwindigkeit der Kathodenstrahlen, die durch charakteristische Röntgenstrahlen ausgelöst werden, Cambridge Proc. 16, 326—330, 1911.
18. C. Bedreag, Über die Elektrisierung durch X-Strahlen, und
18a. D. Hurmuzescu, Derselbe Titel, Ann. scient. de Jassy 7, 53—71 bzw. 72—77.
19. H. Dember, Über eine Methode zur Erzeugung sehr weicher Röntgenstrahlen im äußersten Vakuum, Verh. d. D. physik. Ges. 13, 601—606.

Zu den Arbeiten: [2], [2a], [11], [13], [14], [18], [18a], [19] sei erwähnt, daß in ihnen die Korpuskularstrahlen nur zur Diskussion oder Erklärung anderer Erscheinungen verwendet werden. Whiddington [12], [16] findet, daß weiche Röntgenstrahlen, jenseits einer gewissen Härte, nur an Platin und Aluminium neben S-Strahlen auch D-Strahlen auslösen. Schon vorher hatte Seitz [7] die Geschwindigkeit der Elektronenstrahlung aus Platin bestimmt, und zwar für weiche Primärstrahlen, deren Härte einer Entladungsspannung der Röntgenröhre von 2500, 4500 und 6000 Volt entsprach. Seine Ergebnisse machen es wahrscheinlich, daß ein Teil der erzeugten Elektronen dieselbe Geschwindigkeit besitzt wie die primären Kathodenstrahlen, von denen die Röntgenstrahlen erregt werden.

Auf Veranlassung und mit steter freundlicher Unterstützung meines hochverehrten Lehrers, Herrn Professor Dr. Dorn, unternahm ich es nun, diese Versuche von Seitz auf leichte (bzw. mehr elektronegative) Metalle auszudehnen, und zwar zunächst auf Aluminium. Bei der vorhergehenden Wiederholung der Versuche mit Platin erhielt ich jedoch abweichende Ergebnisse, die mich zu einer eingehenden Untersuchung nötigten.

2. Die Methode

war die von Seitz [7] und Laub[1] zur Messung der Geschwindigkeit von D-Strahlen, von anderen[2] zur Untersuchung des Hallwachseffektes verwendete „Verzögerungsmethode“, die im folgenden beschrieben werden soll: Die vom untersuchten Metall, dem „Radiator“, unter dem Einfluß der Röntgen- bzw. Lichtstrahlen ausgesandten Elektronen gelangen durch ein Drahtnetz zum Teil in einen Auffänger,

1) Laub, Ann. d. Physik 26, 712—726, 1908.
2) Vgl. R. Ladenburg a. a. O.

der hier als Faradayzylinder gestaltet war, und dessen Aufladung elektrometrisch bestimmt werden kann.

Die Zahl der in den Zylinder gelangenden Elektronen wird der Anzahl der erzeugten Elektronen proportional sein und von deren Geschwindigkeit und anderen Umständen, die ihr Eindringen in den Zylinder bestimmen, in unbekannter Weise abhängen. Das heißt, die beobachtete Aufladung ist je nach der Feldstärke zwischen Radiator, Drahtnetz und Auffänger, ferner je nach der Härte (Impulsbreite) bzw. Wellenlänge der erregenden Strahlung und je nach deren Intensität verschieden.

Die Aufladung des Elektrometers, und daher angenähert sein Ausschlag in Skalenteilen, ist dabei für den Fall, daß vom Faradayzylinder keine Elektronen ausgesandt werden (vgl. S. 16), proportional der Anzahl der aufgefangenen Elektronen; also wird nach dem oben Gesagten der Elektrometerausschlag α:

$$\alpha = A \cdot n \cdot e \cdot f(v), \tag{1}$$

wobei:

A eine Apparatkonstante,
n die Anzahl,
v die Geschwindigkeit der erzeugten Elektronen,
e die Ladung eines Elektrons und
$f(v)$ eine noch unbekannte Funktion ist, für die jedoch gilt:

$$\frac{df(v)}{dv} \geqq 0, \tag{2}$$

$$f(0) = 0. \tag{3}$$

Aus Gleichung (3) folgt, daß man aus der Potentialdifferenz zwischen Radiator und Drahtnetz, bei welcher die Elektrometerausschläge verschwinden, also die Bewegung sämtlicher Elektronen durch das Feld aufgehoben wird, auf die Maximalgeschwindigkeit der Elektronen schließen kann.

Dagegen läßt Formel (1) den Nachteil dieser Methode erkennen: Es ist unmöglich, den Einfluß der Zahl der erzeugten Elektronen auf die Elektrometerausschläge von dem Einfluß ihrer Geschwindigkeit zu trennen.

---

3. Die Versuchsanordnung

wurde, der verwendeten Methode entsprechend, im ganzen der von Seitz [7] nachgebildet.

Zur Erzeugung der weichen Röntgenstrahlen diente eine von Müller in Hamburg nach meinen Angaben und Vorschlägen der Firma

hergestellten Röhre mit Wasserkühlung. (Vgl. die Fig. 1 und 2, A.) Die Antikathode bestand aus einem Platintopf, der aus einem Stück gepreßt, und dessen Boden unter 45° gegen die primären Kathodenstrahlen geneigt war. Daher konnte der Röhre eine gestreckte Gestalt gegeben werden, wodurch die Herstellung der Öffnung (*B*) leichter möglich war als bei einer gewinkelten Form. Die Öffnung (*B*) lag in gleicher Höhe mit der Antikathode und trug einen Röhrenansatz von etwa 9 mm Länge und mindestens 17 mm innerem Durchmesser, mit einem plangeschliffenen Ringe von 43 mm Durchmesser. Der Winkel zwischen den Kathodenstrahlen und dem zur Erregung benutzten Röntgenstrahlbündel betrug daher 80 bis 90°. Die Benutzung des Strahlenbündels größter Intensität, senkrecht zur Antikathode, hätte eine zu große Annäherung der Kathode an die Meßkammer (*C*) zur Folge gehabt.

Diese Meßkammer (*C*) bestand aus einem 170 mm langen Messingrohr von 48 mm lichter Weite mit aufgelöteten Deckeln.[1] Drei starke Messingdrähte, durch Kunstbernstein-Pfropfen wohl isoliert, trugen den elliptischen Radiator (*R*) aus Platin oder Aluminium, der um etwa 30° gegen das Primärstrahlenbündel geneigt war und von den Kammerwänden etwa 3 mm abstand, und das zu *R* im Abstande von etwa 15 mm parallele Netz (*N*), von dessen 0,16 mm starken Messingdrähten 22 auf 1 cm kamen, und endlich, in 3 mm Abstand parallel zu *N* schräg abgeschnitten, den im Mittel 100 mm langen Faradayzylinder (*Z*) aus dünnem Messingblech.

In der Höhe des Radiators (*R*) befand sich die Öffnung (*D*) für die Röntgenstrahlen, mit aufgelötetem Rohransatz, der eine ringförmige Platte von 50 mm Durchmesser mit erhöhtem Rande trug, zur Aufnahme des Planschliffes der Röntgenröhre (*A*).

Um zu verhindern, daß die Primärstrahlen, die wegen ihrer geringen Härte nur durch die Öffnungen (*B*) und (*D*) in die Meßkammer (*C*) eintreten konnten, andere Teile des Apparates als den Radiator (*R*) trafen, war der Rohransatz mit einer zylindrischen Blende (*P*) aus Blei oder Aluminium ausgekleidet, von 15 mm Länge, 12 mm lichter Weite und, mit Ausnahme der ersten Versuche, innen mit einer Schellackschicht überzogen. Bei den späteren Beobachtungen mit Platin- und bei denen mit Aluminiumradiator war das ganze Innere der Meßkammer (*C*), mit Einschluß der Blende (*P*), aber mit Ausnahme des Radiators (*R*), berußt.

1) Für die sorgfältige Anfertigung des Messingapparates bin ich dem Institutsmechaniker, Herrn Böckel, zu größtem Dank verpflichtet.

Um in Röntgenröhre und Meßkammer verschiedenes Vakuum halten zu können, wurde auf P eine Aluminiumfolie, 0,01 mm dick, die auf der dem Radiator zugewandten Seite mit einer dünnen Schellackschicht überzogen war (vgl. dazu Abschnitt 5), luftdicht angebracht. Dazu wurde nach längeren Vorversuchen folgendes Verfahren gewählt: Die (sorgfältig auf Beschädigungen untersuchte) Folie wurde so auf die vorgewärmte Messingplatte gebracht, daß sie die Öffnung von P konzentrisch bedeckte, und am Rande angekittet; dann wurde eine ringförmige Messingscheibe, die den Rand der Folie überdeckte und gerade in den vorstehenden Rand der Messingplatte hineinpaßte, darüber und auf diese der Planschliff der Röntgenröhre gekittet (vgl. Fig. 1).

Sämtliche Kittungen und Abdichtungen wurden mit Siegellack, am besten mit weißem, ausgeführt und äußerlich mit Klebwachs überschmolzen.

Von der Röntgenröhre und der Meßkammer gingen Glasleitungen zur Gaedepumpe. Eine Phosphorpentoxyd-Röhre und ein Rohr mit Silberspänen, das zur Abhaltung von Quecksilberdämpfen mit fester Kohlensäure in Alkohol oder flüssiger Luft gekühlt werden konnte, war eingeschaltet (vgl. Fig. 2), ferner ein Glassack mit Kokosnußkohle, der ebenso gekühlt wurde, um die Luftreste zu absorbieren. Da diese Kühlung jedoch auf die Ergebnisse (vgl. Abschnitt 6) keinen Einfluß hatte, so verzichtete ich darauf und begnügte mich mit dem Vakuum von etwa 0,00005 mm Hg, das die Gaedepumpe erzeugte.

Bei den Vorversuchen wurde das Vakuum in der Meßkammer mit einem Plückerrohr geprüft, später mit einem Gaedemanometer der Firma E. Leybolds Nachf. in Cöln[1], mit direkter Ablesung, überwacht. Die Abdichtung und Gasabgabe der Meßkammer waren nach mehrtägigem Pumpen derart, daß der Luftdruck von 0,00005 mm bei 14stündigem Stehen auf etwa 0,0025, nach weiteren 24 Stunden auf etwa 0,005 mm stieg. Die Entladungsspannung der Röntgenröhre blieb während des Stehens ziemlich konstant, beim Betriebe sank sie zunächst, um dann konstant zu werden oder nach längerem Gebrauche langsam anzusteigen.

Einer Entladungsspannung von 5300 Volt entsprach beispielsweise ein Vakuum der Röntgenröhre von 0,023 mm.

Die Aufladung des Drahtnetzes (N) erfolgte mit Hochspannungs-Sammlern nach Klingelfuß, die des Radiators (R) bis $\pm$ 600 Volt ebenso, oder mit einer Wimshurst-Influenzmaschine. Die Spannung wurde

1) Vgl. deren Sonderpreisliste IV, 49—51.

im ersten Falle für jeden Satz von 20 Sammlern mit einem Voltmeter bestimmt, bzw. bei den ersten Versuchen zu je 40 Volt angesetzt, bei der Aufladung mit Influenzmaschine durch zwei Braunsche Elektrometer (bis zu 3600 bzw. 10000 Volt) gemessen. Sie blieb dann während des Versuchs genügend konstant, wenn ich dem Radiator 6 große Leidener Flaschen parallelschaltete.

Die Röntgenröhre wurde mit einer 40plattigen Influenzmaschine nach Töpler betrieben, die Tourenzahl mit einem Zähler von Morell, die Entladungsspannung mit einem Siemenselektrometer (bis 10000 Volt) bestimmt.

Zur Messung des Potentials des Faradayzylinders (Z) benutzte ich ein Mascart-Elektrometer in Quadrantschaltung. Die Nadel wurde durch eine Krügersche Trockenbatterie von Spindler & Hoyer auf + 100 Volt gehalten, ein Quadrantenpaar mit Z verbunden. Die Zuleitung war durch ein 107 cm langes Messingrohr mit Paraffinisolation, die Klemmschrauben an beiden Enden durch Kappen geschützt, von denen die am Elektrometer den Erdungsschlüssel enthielt. Die Isolation des Meßsystems war so gut, daß eine Störung der Beobachtungen durch Ladungsverluste nicht zu befürchten war. Seine Kapazität wurde mit einem Harmsschen Kondensator[1] zu 102 cm bestimmt. Die Kapazitätsänderung mit wachsendem Ausschlage der Nadel ist gering und konnte hier vernachlässigt werden. Es war daher erlaubt, die Empfindlichkeit bei den einzelnen Versuchsreihen durch die Ablenkung auszudrücken, die ein Weston-Normalelement (= 1,0187 V.) hervorruft. Da die Empfindlichkeit für verschiedene Beobachtungen willkürlich verändert wurde, so entsprach 1 Skalenteil = 1 mm einer Aufladung des Systems zwischen $1{,}15 \cdot 10^{-3}$ und $1{,}75 \cdot 10^{-3}$ elektrostatischen Einheiten der Elektrizitätsmenge, das heißt, einer Anzahl von 2,45 bis $3{,}73 \cdot 10^{6}$ Elektronen, wenn ich den von Planck aus der Strahlungstheorie bestimmten Ladungswert des Elektrons,

$$e = 4{,}69 \cdot 10^{-10} \text{ elst. Einheiten},$$

benutze.

Die Skala des Ablesefernrohres war vom Spiegel des Elektrometers 190 cm entfernt.

Das andere Quadrantenpaar des Elektrometers, seine Hülle, die zum elektrostatischen Schutze herumgebauten Drahtnetze usw., die Schutzhüllen der Zuleitung, die Meßkammer, die freien Pole der Sammlerbatterien, der Wimshurstmaschine, die Außenbelegung der

1) Harms, Physik. ZS. 5, 47—50, 1904.

Leidener Flaschen und so weiter waren durch Verbindung mit Gas- und Wasserleitung sorgfältig geerdet.

---

4. Der Gang der Untersuchungen

war folgender:

Nach jeder Zusammensetzung der Apparate wurde evakuiert, zunächst mit der Gerykpumpe, die als Vorpumpe diente, durch eine Kapillare, um die Aluminiumfolie nicht einseitigem Überdruck auszusetzen, sodann mehrere Tage mit der Gaedepumpe, bis ein ausreichendes Vakuum erzielt werden konnte. Gleichzeitig wurde das Elektrometer justiert und auf geeignete Empfindlichkeit eingestellt.

An den Beobachtungstagen wurde die Röntgenröhre auf die gewünschte Entladungsspannung einreguliert und abgeschlossen. Dann wurde die Meßkammer 6 bis 9 Stunden lang ausgepumpt, bis ein Vakuum von 0,00010 bis 0,00005 mm erreicht war. 1 bis 2 Stunden vor der Beobachtung wurde die Schwefelsäure des Elektrometers umgerührt und an die Nadel Spannung angelegt, bei den Versuchen mit Kokosnußkohle (die vorher ausgeglüht und scharf evakuiert war) auch mit der Kühlung begonnen. Bei den anderen Versuchen wurde während der Beobachtungen die Gaedepumpe in Gang gehalten.

Unmittelbar vor den Ablesungen wurde die Elektrometerempfindlichkeit und der Luftdruck im Apparat bestimmt; darauf die Influenzmaschine in Gang gesetzt und nach einigen Minuten mit den Ablesungen begonnen. Die ersten Werte mußten ausgeschieden werden, weil Tourenzahl, Entladungsspannung und -intensität, daher auch die Elektrometerausschläge, erst nach etwa 15 Minuten konstant waren.

Beobachtet wurde in der Weise, daß nach Einstellung einer bestimmten Aufladung von Netz und Radiator die Ruhelage des Elektrometers abgelesen, die Erdung der Meßquadranten vom Fernrohrplatze aus aufgehoben, nach 1 Minute und nach 2 Minuten abgelesen und wieder geerdet wurde. Die Zeitbestimmung geschah mit Taschenuhr und Sekundenpendel mit lauten, abwechselnd höheren und tieferen Schlägen. Wegen der Trägheit der Nadel waren die Ausschläge in der ersten Minute (Differenz der ersten und zweiten Ablesung) fast stets geringer als die in der zweiten Minute (Differenz der zweiten und dritten Ablesung). In den Ergebnissen sind daher nur die letzteren als „Ausschläge“ verwertet, die ersteren dienen als Kontrolle. Nur bei Ausschlägen von etwa 120 Skalenteilen und mehr begnügte ich mich mit der ersten Minute.

Nach jeder Beobachtung (zu 3 Ablesungen) wurde Röhrenspannung und Tourenzahl kontrolliert und eine andere Radiator- bzw. Netzladung eingestellt. Nach etwa 1 Minute hatte das Elektrometer die Ruhelage wieder eingenommen, nach etwa 2 Minuten begann eine neue Ablesung.

---

5. Die Fehlerquellen

werden bei der beschriebenen Anordnung verursacht durch:

a) das Elektrometer,
b) die Influenzmaschine,
c) die Röntgenröhre,
d) Nebeneffekte in der Meßkammer und
e) Luftreste in ihr.

a) Das Elektrometer

zeigte ruhigen Gang und genügend konstanten Nullpunkt, jedoch sobald ich die Erdung der Meßquadranten aufhob, einen konstanten Ausschlag von etwa 0,5 Skalenteilen in 1 Minute, der einer positiven Aufladung entsprach; und zwar, wenn keine Röntgenstrahlung wirkte und Radiator und Netz geerdet waren, gleichviel ob mit oder ohne flüssige Luft evakuiert wurde. Von einer Korrektion der Ausschläge deswegen konnte, wegen der unter e) behandelten Störungen, abgesehen werden.

b) Die Influenzmaschine

änderte ihren Wirkungsgrad, das heißt das Verhältnis der erzeugten Intensität des Entladungsstromes zur Tourenzahl, wohl nicht merklich während der Dauer einer Beobachtungsreihe; an verschiedenen Tagen jedoch zeigte die schlechte Übereinstimmung der Ausschläge unter sonst gleichen Bedingungen eine deutliche Änderung. Daher sind die einzelnen Beobachtungsreihen nur in sich vergleichbar.

Außerdem nahm die Tourenzahl in den ersten Minuten ab, blieb dann aber innerhalb $\pm$ 5% während einiger Stunden konstant. Für aufeinanderfolgende Beobachtungen betrugen die Schwankungen etwa $\pm$ 1%. Das ist wesentlich für die Vergleichbarkeit der Werte. Denn die Intensität der Primärstrahlung, und deshalb die Ausschläge, wachsen stärker als proportional mit wachsender Tourenzahl, wenn Entladungsspannung oder Vakuum konstant bleiben. Das zeigen die folgenden Tabellen I bzw. II.

Tabelle I.

Elektrometerempfindlichkeit: 267,4 Skt., (= Ablenkung durch 1 Westonelement, vgl. dazu S. 11).
Radiator (*R*) und Netz (*N*) geerdet.
Entladungsspannung konstant, 5400 Volt.

Touren in 1 Minute	Ausschlag in 1 Minute	Quotient beider
460	45,4	10,1
313	28,4	11,0

Der Quotient nimmt in der Tat mit wachsender Tourenzahl ab.

Tabelle II.

Empfindlichkeit: 224,4 Skt.
Radiator und Netz geerdet.
Entladungsspannung durch Tourenzahl bedingt.

Nr.	Entladungsspannung	A Touren	A Ausschlag	A Quotient	B Touren	B Ausschlag	B Quotient
1	2500 V.	376	0,2	1880	—	—	—
2	2800	378	0,9	420	511	2,3	222
3	3000	380	1,3	292	—	—	—
4	3300	385	3,2	120	—	—	—
5	3400	—	—	—	518	6,1	85
6[1]	3500	384[1]	3,1[1]	124	—	—	—
7	3800	—	—	—	511	8,4	61
8	3900	381	4,4	87	—	—	—
9	4000	—	—	—	519	13,1	40
10	4100	392	5,0	78	—	—	—
11	4300	—	—	—	517	18,3	28
12	4700	—	—	—	508	25,9	20
13	4800	—	—	—	506	25,6	20
14	4900	—	—	—	504	26,0	19
15	5100	—	—	—	503	30,4	17
16	5300	—	—	—	507	34,9	15
17	5400	—	—	—	503	36,2	14
18	5500	—	—	—	488	37,3	13

Tabelle II wurde durch abwechselnde Veränderung der Tourenzahl zwischen etwa 380 und 510 gewonnen, und zwar in der Reihenfolge:

2 B, 5 B, 1 A, 7 B, 2 A, 9 B, 3 A,
11 B, 4 A, 12 B, 6 A, 13 B, 6 A, 14 B,
6 A, 15 B, 8 A, 16 B, 10 A, 17 B, 18 B.

1) Mittel aus 3 Werten.

Sie sind nach der Entladungsspannung geordnet, in Analogie zu Tabelle I, und zeigen, daß die Ausschläge mit wachsender Tourenzahl noch stärker ansteigen, als der Proportionalität entspricht. In der ursprünglichen Reihenfolge ergibt die Tabelle den angenähert linearen Zusammenhang zwischen Tourenzahl und Entladungsspannung bei konstantem Vakuum, das heißt zwischen aufeinanderfolgenden Beobachtungen. Denn eine weitere Fehlerquelle liegt darin, daß

c) Die Röntgenröhre

ihr Vakuum, und damit die Härte der Primärstrahlen, verändert (vgl. Seite 10). Infolge Adsorption der Luftreste wurde während der Beobachtungen die Entladungsspannung meist etwas größer, jedoch beträgt bei den verwendeten Ablesungsreihen der Anstieg höchstens 500 Volt.

Ausgeschaltet wurde diese Fehlerquelle durch häufige Beobachtung der Ausschläge, wenn das Feld zwischen Radiator und Netz gleich 0 Volt war, und Reduktion der übrigen Ausschläge auf solche, bei derselben Spannung bestimmten, „Nullwerte".

Innerhalb 300 Volt Spannungsdifferenz konnten diese zugehörigen Nullwerte auch durch Interpolation gewonnen werden, denn die Elektrometerausschläge waren, bei geerdetem Radiator und Netz, sehr nahe linear von der Entladungsspannung abhängig. Das zeigen deutlich die Kurven (Fig. 3):

A. ○○○○, Empfindlichkeit: 294,5 Skt.
Tourenzahl: ca. 300.

B. ××××, Empfindlichkeit: 245,3 Skt.
Tourenzahl: 387 bis 338 (sank anfänglich stark, weshalb der erste Anstieg der Kurve zu flach ist).

C. ++++, Empfindlichkeit: 277,8 Skt.
Tourenzahl: 450 bis 400.

Auch Tabelle II, jede Reihe für sich. Übrigens ist nach Seitz [7], wenn das Feld in Bruchteilen der Entladungsspannung gemessen, die Ausschläge auf den „Nullwert" (vgl. oben) bezogen werden, die Abhängigkeit zwischen beiden von der Entladungsspannung, wenigstens innerhalb 2500 und 6000 Volt, nahezu unbeeinflußt.

Dagegen können

d) die Nebeneffekte in der Meßkammer

stören.

Bei Voraussetzung eines absoluten Vakuums werden nämlich in der Meßkammer folgende Strahlenarten bestehen:

Tabelle III.

I. Primäre: Weiche Röntgenstrahlen.

II. Sekundäre:
- 1. Zerstreute Röntgenstrahlen,
- 2. Homogene (S-Strahlen),
- 3. Elektronenstrahlen (D-Strahlen)

} und zwar sämtlich:

- a) aus dem Radiator,
- b) aus der Aluminiumfolie,
- c) aus der Ringblende (P).

III. Tertiäre: Elektronenstrahlen, und zwar als:

1. Dorneffekt, durch II, 1 und 2, oder
2. Zerstreute (reflektierte) oder tertiäre Elektronen, durch II, 3 ausgelöst, und zwar aus allen Teilen der Meßkammer.

Weitere Effekte können wohl vernachlässigt werden.

Die Effekte: II, 1, 2, b und c wirken wie die Primärstrahlung I.

Da diese sehr weich ist, so werden die Effekte II, 1, besonders am Platin (a) bzw. Blei (c), nur sehr schwach, und II, 2 überhaupt nicht auftreten. (Vgl. Barkla, a. a. O.)

Die Strahlung II, 3, b wird durch den Schellacküberzug auf der dem Radiator zugekehrten Seite der Folie ganz, II, 3, c durch den auf der Blende wenigstens zum Teil absorbiert, II, 3, a gelangt zur Beobachtung, wie in den vorhergehenden Abschnitten angegeben.

Der Effekt III würde die negative Aufladung des Faradayzylinders vermindern und dadurch grobe Verfälschungen der Ergebnisse veranlassen. Er kann nach O. v. Baeyer[1] unschädlich gemacht werden durch Verwendung:

1. eines Faradayzylinders als Auffänger,
2. eines Schutznetzes mit Hilfsladung,
3. einer geeigneten Auffängersubstanz.

Von dem ersten Hilfsmittel wurde stets, vom zweiten oder dritten, oder von beiden zugleich, bei den meisten Beobachtungen Gebrauch gemacht, und zwar vom dritten durch Berußen der ganzen Meßkammer, mit Ausnahme des Radiators. So wurde der Effekt III auch an den Wänden der Meßkammer und am Drahtnetz, ferner II, 3, b nach Möglichkeit vermindert.

1) O. v. Baeyer, Verh. d. D. physik. Ges. 10, 96—114 und 953—967, 1908.

Die Störungen durch diese Nebenwirkungen konnten daher vermieden werden. Dagegen waren

e) die Luftreste in der Meßkammer

wegen der Bildung von Ionen (bzw. Elektronen) durch Röntgen- und D-Strahlen eine Fehlerquelle, da ein Feld zwischen Radiator, Netz und Faradayzylinder diese Ionen zum Teil auf den Zylinder treiben mußte.

Besonders bei stark verzögernden Feldern machte sich hierdurch eine Störung bemerkbar, indem sich die Ausschläge umkehrten und nach der positiven Seite bis zu etwa 2 Skalenteilen (eingerechnet die unter a) beschriebene Störung) anwuchsen. Jedoch nur, wenn das Netz keine Hilfsladung erhielt. Durch Aufladung des Netzes auf — 40 bis — 80 Volt wurden diese Ionen abgefangen, aber vielleicht eine (geringere) Zahl von negativen Ionen zum Faradayzylinder getrieben.

Zur Berechnung der Größe dieses Fehlers sind ausreichende Unterlagen nicht vorhanden. Auch war er bei den zu vergleichenden Radiatoren annähernd der gleiche.

Dagegen waren die Luftreste zu gering, um einen merklichen Ermüdungseffekt, wie ihn C. T. More[1] bei gewöhnlichem Luftdruck nachweisen konnte, hervorzubringen.

6. Die Ergebnisse.

a) Mit Platinradiator.

α) Mit geerdetem Drahtnetz.

Wurde ohne Hilfsladung beobachtet, so ergab sich die Anomalie, daß die Ausschläge nicht mit zunehmendem beschleunigendem Feld anstiegen, sondern nach einem geringen Maximum einen starken Abfall zeigten, und zwar um so mehr, je höher die Entladungsspannung war, und bei Verwendung einer einfachen Bleiblende (*P* in Fig. 1) viel stärker, als wenn die Blei- oder Aluminiumblende mit Schellack überzogen war. Das zeigen folgende Tabellen IV, V, VI. (Bei IV und V sind die Intervalle der Entladungsspannung etwas zu groß, das ist jedoch für den Verlauf des Abfalls ohne Bedeutung.)

1) C. T. More, Phil. Mag. 13, 708 bis 721, 1907.

Tabelle IV.

Bleiblende ohne Schellack.
Empfindlichkeit: 204,0 Skt.
Entladungsspannung: 4250 bis 5300 Volt.

Radiatorladung in Volt	Quotient: Radiatorladung / Entladungsspannung	Ausschlag / Ausschlag bei 0 Volt
0	— 0,000	1,00
— 40	— 0,009	1,15
— 80	— 0,018	1,08
— 120	— 0,027	1,06
— 160	— 0,035	1,03
— 200	— 0,043	0,97
— 240	— 0,051	0,89
— 280	— 0,060	0,96
— 320	— 0,068	0,90
— 360	— 0,077	0,71
— 400	— 0,083	0,70
— 440	— 0,090	0,70
— 480	— 0,098	0,72
— 520	— 0,104	0,64
— 560	— 0,112	0,67

Tabelle V.

Bleiblende mit Schellack.
Empfindlichkeit: 257,9 Skt.
Tourenzahl: 445 bis 420 bzw. 415 bis 430.
Spannung: 2900 bis 4000 bzw. 4500 bis 5800 Volt.

Radiatorladung in Volt	Quotient: Radiatorladung / Spannung	Ausschlag / Ausschlag bei 0 Volt	Radiatorladung in Volt	Radiatorladung / Spannung	Ausschlag / Ausschlag bei 0 Volt
0	0,00	1,0	0	0,00	1,0
— 100	— 0,04	2,3	— 200	— 0,04	2,1
— 250	— 0,06	2,5	—	—	—
— 400	— 0,12	2,5	— 700	— 0,12	1,5
— 600	— 0,17	2,2	— 1200	— 0,23	1,4
—	—	—	— 1250	— 0,28	1,4

Tabelle VI.

Aluminiumblende mit Schellack.
Empfindlichkeit: 255,8 Skt.
Vakuum: 0,00008 mm.
Tourenzahl: 363 bis 349.
Spannung: 3350 bis 3600 Volt.

Radiatorladung in Volt	Radiatorladung / Entladungsspannung	Ausschlag / Ausschlag bei 0 Volt	
0	0,00	1,0	
— 50	— 0,014	2,1	Maximum
— 100	— 0,028	2,1	Maximum
— 200	— 0,06	1,9	
— 350	— 0,10	1,9	
— 500	— 0,14	1,8	
— 500	— 0,15	1,7	
— 750	— 0,21	1,9	fällt heraus !
— 1000	— 0,28	1,6	
— 1000	— 0,29	1,7	
— 1500	— 0,45	1,5	
— 2000	— 0,56	1,3	
— 3000	— 0,86	1,5	

Die Tabellen zeigen deutlich die beschriebene Anomalie, die auch beim Evakuieren mit Kohle und flüssiger Luft vorhanden war. Luftreste können daher nicht den Grund des Abfalls bilden, sie würden im Gegenteil den Anstieg mit zunehmender Feldstärke vergrößern, indem negative Ionen zum Faradayzylinder getrieben werden. Dagegen zeigt ein Vergleich der Tabelle IV mit V und VI, daß ein Teil des Abfalls von Elektronen aus der Blende (II, 3, c der Tabelle III) herrührt, wie, ist jedoch unklar. Der Rest, also etwa der Betrag des Abfalles in den Tabellen V und VI, wo die Elektronen wohl größtenteils durch den Schellacküberzug absorbiert werden, ist wohl als ein den Anstieg überlagernder Sekundäreffekt aufzufassen:

Die Zahl der auf den Faradayzylinder gelangenden Elektronen wächst bis zu einem Maximum (vgl. unter γ, Seite 23), während die der tertiär (III in Tabelle III) ausgehenden Elektronen zunimmt.

Bei verzögernden Feldern fielen die Ausschläge in normaler Weise ab, kehrten jedoch bei stärkeren Feldern ihr Vorzeichen um, wohl infolge der Anwesenheit positiver Ionen. (Vgl. Abschnitt 5 e.)

β) Eine negative[1] Aufladung des Netzes

verkleinerte die Ausschläge, wenn zwischen Radiator und Netz kein Feld bestand, also beide gleichzeitig geladen wurden, und zwar:

Für die Bleiblende ohne Schellack:

Eine Aufladung von: — 40 — 80 Volt

verkleinerte auf etwa: $^1/_4$ bis $^1/_3$ $^1/_4$ des Wertes für die Ladung 0 Volt, und:

Für die Bleiblende mit Schellack:

Eine Aufladung von:	— 40	— 80	— 400 Volt
auf:	0,74	0,73	—
bzw. auf:	0,70	—	0,49

des Wertes für 0 Volt.

Für die Aluminiumblende mit Schellack:

Eine Aufladung von — 40, — 80, — 120 Volt verkleinerte den Ausschlag auf etwa 0,6 des Wertes für 0 Volt.

Diese Abnahme erklärt sich dadurch, daß die Netzladung zwar die tertiären Elektronen auf den Faradayzylinder zurücktreibt und dadurch dessen Ladung vermehrt, zugleich aber die vom Radiator ausgehenden Elektronen zum Teil nach den Wänden der Meßkammer ablenkt und die von der Blende kommenden zurücktreibt, also auch diese Fehlerquelle beseitigt.

Bei verzögernden Potentialen, gemessen durch die Differenz der Aufladung von Radiator und Netz, ist der Abfall regelmäßig, ohne daß jedoch die Ausschläge verschwinden oder positiv werden, bei beschleunigenden ergibt sich ein Anstieg auf das Sechsfache des Nullwertes, unabhängig von Blende und Entladungsspannung, bei stärkeren Feldern aber wieder ein Abfall, wie Tabelle VII (Seite 21) zeigt. Er ist geringer als in den Tabellen V und VI; jedoch genügt die dort gegebene Erklärung offenbar nicht zur Begründung der ganzen Anomalie.

Vielleicht würde auch Seitz [7] diesen Abfall erhalten haben, trotz seiner höheren Hilfsladung, — 80 Volt, wenn er mit höheren beschleunigenden Potentialen beobachtet hätte.

Auch seine Bemerkung:

„.... doch war der Einfluß dieser Hilfsladung gering“ (a. a. O. Seite 706), wird durch meine Beobachtungen nicht bestätigt. Die Anzahl der störenden Elektronen von der Aluminiumblende und von dem Messingdiaphragma der Anordnung des Hrn. Seitz ist wohl die gleiche.

---

1) Positive Aufladung bewirkte das Auftreten kleiner positiver Ausschläge, infolge von Ionen.

Tabelle VII.

Netzladung: — 40 Volt.
Empfindlichkeit: 266,0.
Entladungsspannung: 5200 — 5400 Volt.
Vakuum: 0,00007 mm.
Blende: Aluminium mit Schellack.

Feld: Radiator gegen Netz, in Volt:	Potential Rad. gegen Netz / Entladungsspannung	Ausschlag / Ausschlag für Pot. 0	
0	0,00	1,0	
— 200	— 0,04	6,8	Maximum.
— 500	— 0,10	5,9	
— 750	— 0,14	5,4	
— 1000	— 0,20	4,7	Abfall.
— 2000	— 0,38	4,1	
— 3000	— 0,57	3,9	

Zur Vermeidung dieser Störungen verwendete ich nunmehr auch das dritte der Seite 16 angegebenen Schutzmittel, und die Versuche

γ) mit berußter Meßkammer

ergaben ein nahezu normales Verhalten.

Jedoch war die Aufladung des Netzes (auch zugleich mit dem Radiator, wenn also kein Feld vorhanden war) von Einfluß, allerdings nicht so stark, wie unter *β* beschrieben. Und zwar entsprach:

einer Aufladung von:	— 41	— 84	— 126 Volt
eine Verminderung auf:	0,81	0,77	0,75
bzw. auf:	0,76	0,74	0,70

des Wertes der Ausschläge für die Aufladung 0 Volt.

Bei verzögernden Potentialen erfolgt der Abfall wie bei den oben beschriebenen Versuchen, bei beschleunigenden steigt der Ausschlag auf das Dreifache und fällt dann minimal wieder ab, wenn das Netz geerdet, er steigt dagegen auf das 6,4 fache, wenn es auf — 84 Volt geladen ist. Das zeigen die Tabellen VIII und IX (Seite 22 f.).

b) Mit Aluminiumradiator

(und berußter Meßkammer) war die Intensität des gemessenen Effektes kleiner, daher wurde die Tourenzahl und Elektrometerempfindlichkeit vergrößert, der Abstand zwischen Radiator und Netz um 3 mm verringert.

Tabelle VIII.

Drahtnetz geerdet.

	Platin:	Aluminium:
Empfindlichkeit:	277,8 Skt.	255,3 (303,1)[1] Skt.
Vakuum:	0,00007 mm.	0,00006 mm.
Entladungsspannung:	4100 — 4500 V.	3900 — 4200 (5300 — 5400) V.
Tourenzahl:	394 — 422.	463 — 487 (429 — 434).

Radiatorladung in Volt	Radiatorladung / Spannung	Ausschlag / Ausschl. für 0	Radiatorladung in Volt	Radiatorladung / Spannung	Ausschlag / Ausschl. für 0
+ 3000	+ 0,68	+ 0,05[2]	—	—	—
+ 2000	+ 0,44	+ 0,05[2]	—	—	—
+ 1000	+ 0,22	+ 0,01[2]	+ 1000	+ 0,24	+ 0,29[2]
+ 900	+ 0,20	0,02	—	—	—
+ 700	+ 0,16	0,06	—	—	—
+ 500	+ 0,11	0,09	+ 500	+ 0,12	+ 0,28[2]
+ 300	+ 0,07	0,13	+ 300	+ 0,07	+ 0,15[2]
—	—	—	+ 175,6	+ 0,033	(+ 0,02)[2]
—	—	—	+ 131,7	+ 0,025	(0,02)
—	—	—	+ 87,8	+ 0,017	(0,10)
—	—	—	+ 43,8	+ 0,008	(0,28)[1]
0	0,00	1,0	0	0,00	1,0
— 400	— 0,09	2,7	— 300	— 0,08	4,0
— 700	— 0,16	2,8	—	—	—
— 1000	— 0,24	2,8	— 1000	— 0,25	4,2
— 1200	— 0,28	2,8	—	—	—
— 1500	— 0,37	3,0	— 1500	— 0,39	4,7
— 2000	— 0,49	3,1	—	—	—
— 2500	— 0,57	2,7	— 2500	— 0,64	4,9
— 3000	— 0,74	2,8	— 3000	— 0,75	4,7

Die Intensität der D-Strahlung aus Platin und Aluminium konnte daher nur annäherungsweise verglichen werden. Das Verhältnis der Ausschläge, auf gleiche Bedingungen reduziert, betrug etwa:

$$Pt : Al = 3{,}7 \text{ für } 4000 \text{ Volt.}$$

Auf eine Beobachtung mit verzögernden Potentialen unterhalb einer Entladungsspannung von 4000 Volt verzichtete ich daher.

Eine Aufladung des Drahtnetzes, und zugleich des Radiators, bewirkte hier auffälligerweise eine Vergrößerung der Ausschläge auf 1,3 des Wertes für 0 Volt für eine Aufladung von — 45 und — 89 Volt.

1) Die eingeklammerten Werte sind einer anderen Versuchsreihe entnommen.
2) Bedeutet Ausschläge, die einer positiven Aufladung entsprechen.

Tabelle IX.

	Platin:	Aluminium:
Netzladung:	— 83,6 (— 40)[1] V.	— 83,0 V.
Vakuum:	0,00007 mm.	0,00005 mm.
Empfindlichkeit:	272,3 (200,0)[1] Skt.	287,0 Skt.
Entladungsspannung:	3700 — 4000 (4700 — 4800) V.	5000 — 5500 V.
Tourenzahl:	412 — 431 (etwa 650).	480 — 517.

Feld: Rad. gegen Netz in Volt	Feld: Rad.-Netz Spannung	Ausschlag Ausschl. für 0	Feld: Rad. gegen Netz in Volt	Feld: Rad.-Netz Spannung	Ausschlag Ausschl. für 0
—	—	—	+ 2700	+ 0,50	0,12
+ 560	+ 0,12	(0,29)[1]	+ 600	+ 0,11	0,16
—	—	—	+ 500	+ 0,083	0,18
+ 240	+ 0,051	(0,25)	+ 208,2	+ 0,040	0,32
+ 120	+ 0,026	(0,33)	+ 124,0	+ 0,024	0,38
+ 80	+ 0,017	(0,53)	+ 83,0	+ 0,016	0,46
+ 40	+ 0,008	(0,54)	+ 40,0	+ 0,008	0,54
0	0,000	1,00	0	0,000	1,0
—	—	—	— 85,8	— 0,017	6,5
—	—	—	— 123,8	— 0,025	6,5
—	—	—	— 207,1	— 0,041	8,1
—	—	—	— 288,4	— 0,058	8,0
—	—	—	— 374,0	— 0,075	7,7
—	—	—	— 416,6	— 0,082	8,5
— 500	— 0,13	6,2	— 500	— 0,089	7,2
— 1000	— 0,27	5,8 ?	— 1500	— 0,27	7,0
— 1500	— 0,38	6,3	—	—	—
—	—	—	— 2500	— 0,45	7,2
— 2500	— 0,64	6,4	—	—	—
— 3000	— 0,81	6,4	—	—	—

Hier überwiegt wohl die erste der unter α, β genannten Wirkungen, das Zurücktreiben der tertiären Elektronen (deren Zahl zwar gering, aber wohl durch den Effekt II, 1, a der Tabelle III vergrößert wird), die zweite, nämlich die Ablenkung der D-Strahlen.

Der Verlauf der Ausschläge in Abhängigkeit von verschiedenen Potentialen ist hier ohne Anomalie, auch bei geerdetem Netz. Nur liegt auch hier das Maximum höher, wenn die Netzladung — 83 Volt beträgt, jedoch nicht ganz doppelt so hoch.

1) Vgl. Anm. 1, vorige Seite.

Bei verzögernden Potentialen und geerdetem Netz erfolgt die Umkehr der Ausschläge eher als bei Platin: Je geringer die Intensität, desto mehr wird sich der Einfluß der positiven Ionen geltend machen.

Den Verlauf der Ausschläge bei Platin und Aluminium habe ich zum Vergleich in den Tabellen VIII und IX zusammengestellt.

Die Kurve Figur 4 enthält das Ergebnis von Tabelle IX. Da das Verhalten der Ausschläge bei Platin und Aluminium nahezu das gleiche ist, wenigstens für verzögernde Felder, so kann man schließen, daß die Maximalgeschwindigkeit der Elektronen, die durch weiche Röntgenstrahlen aus Platin und Aluminium ausgelöst werden, nahezu die gleiche ist.

Nach den Seite 7 erwähnten Resultaten von Seitz ist sie gleich der Geschwindigkeit der primären Kathodenstrahlen.

---

7. Besprechung der Ergebnisse.

Da Platin und Aluminium in der voltaelektrischen Spannungsreihe wie in der Reihe der Atomgewichte und spezifischen Gewichte weit voneinander entfernt stehen, so liegt es nahe, das gewonnene Resultat auszudehnen:

Die von weichen Röntgenstrahlen erzeugten D-Strahlen sind in ihrer Maximalgeschwindigkeit von der Radiatorsubstanz unabhängig.

Das stimmt überein mit der Folgerung von Ladenburg (a. a. O.) aus den widersprechenden Ergebnissen, die für härtere Primärstrahlung von Innes[1] und Laub (a. a. O.) erhalten wurden, sowie mit der Bemerkung von Whiddington [17], Seite 326.

Dieses Resultat läßt sich sowohl als Bestätigung der Lichtquantenhypothese, wie im Sinne der Atomzerfallshypothese[1] deuten.

---

8. Zusammenfassung.

1. Die Maximalgeschwindigkeit der Elektronen, die von weichen Röntgenstrahlen aus Platin und Aluminium erzeugt werden, wurde nach der Methode von Seitz bestimmt.

2. Sie wurde innerhalb der Versuchsfehler bei beiden Substanzen gleich gefunden.

1) P. D. Innes, Proc. Roy. Soc. (A), 79, 442—462, 1907.

3. Am Platin wurden im ganzen die Ergebnisse von Seitz bestätigt, mit folgenden Ausnahmen:

a) Bei Anwendung beschleunigender Felder ergab sich nach anfänglichem Steigen ein Abfall der Ausschläge, und

b) die Aufladung des Schutzdrahtnetzes beeinflußte die Ergebnisse.

4. Durch Berußen des Meßapparates konnten die Abweichungen vermieden werden, bis auf einen kleinen Abfall der Ausschläge, wenn das Netz geerdet war.

5. Das Verhältnis der Intensitäten der Elektronenstrahlung aus Platin und Aluminium wurde zu etwa 3,7 gefunden.

Die vorliegenden Untersuchungen wurden von November 1910 bis zum März 1912 im physikalischen Institut der Universität Halle angestellt.

Zum Schluß ist es mir eine angenehme Pflicht, meinem hochverehrten Lehrer, dem Geheimen Regierungsrat Herrn Professor Dr. E. Dorn für die freundliche Anregung zu dieser Arbeit und vor allem für die liebenswürdige Unterstützung bei ihrer Ausführung meinen ergebensten Dank auszusprechen.

Lebenslauf.

Geboren wurde ich, Emil August Everling, am 19. Juni 1890 zu St. Goar (Rhein), Rheinprovinz, als Sohn des damaligen Pfarrers, jetzigen Direktors Lic. Otto Everling und seiner Ehefrau Bertha geb. Nickel. Ich bin evangelischer Konfession und preußischer Staatsangehörigkeit. Im Jahre 1894 siedelten meine Eltern nach Crefeld über. Von Ostern 1896 ab besuchte ich die Vorschul- und Unterklassen des dortigen Realgymnasiums, seit Ostern 1902 das dortige Gymnasium. Im Jahre 1906 zogen wir nach Halle. Dort besuchte ich die Prima des Stadtgymnasiums, das ich Ostern 1908 mit dem Reifezeugnis verließ.

Darauf studierte ich bis zum Herbst 1909 in Jena, von da ab bis Ostern 1912 in Halle Physik, Mathematik, Chemie und Philosophie. Seit dem 1. Oktober 1911 bin ich Assistent am mathematischen Seminar dieser Universität. Die mündliche Doktorprüfung bestand ich am 21. Mai 1912.

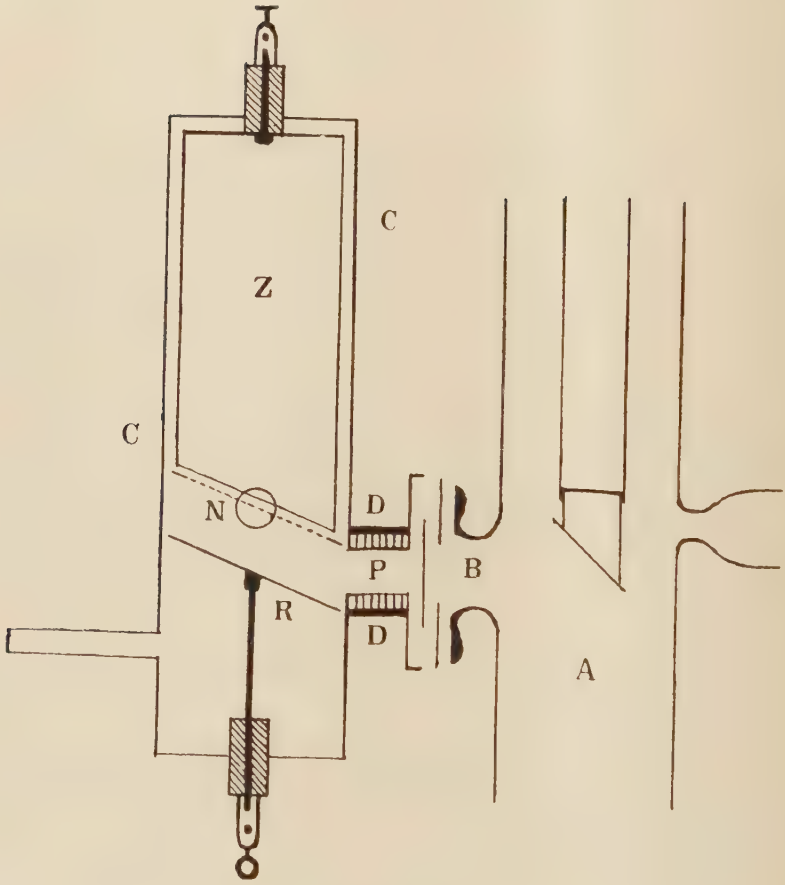
Meine Lehrer waren die Herren Professoren und Dozenten:

In Jena: Ambronn, Baedeker, Harms, Haußner, Knorr, Thaer, Thomae, Winkelmann †.

In Halle: Boeke, Buchholz, Dorn, Fries, Gutzmer, Krueger, Luedecke †, Menzer, K. Schmidt, Scupin, Tubandt, Uphues, Vorländer, Wangerin, Wigand, Wüst.

Alle meine hochverehrten Lehrer mögen meines dauernden Dankes versichert sein.

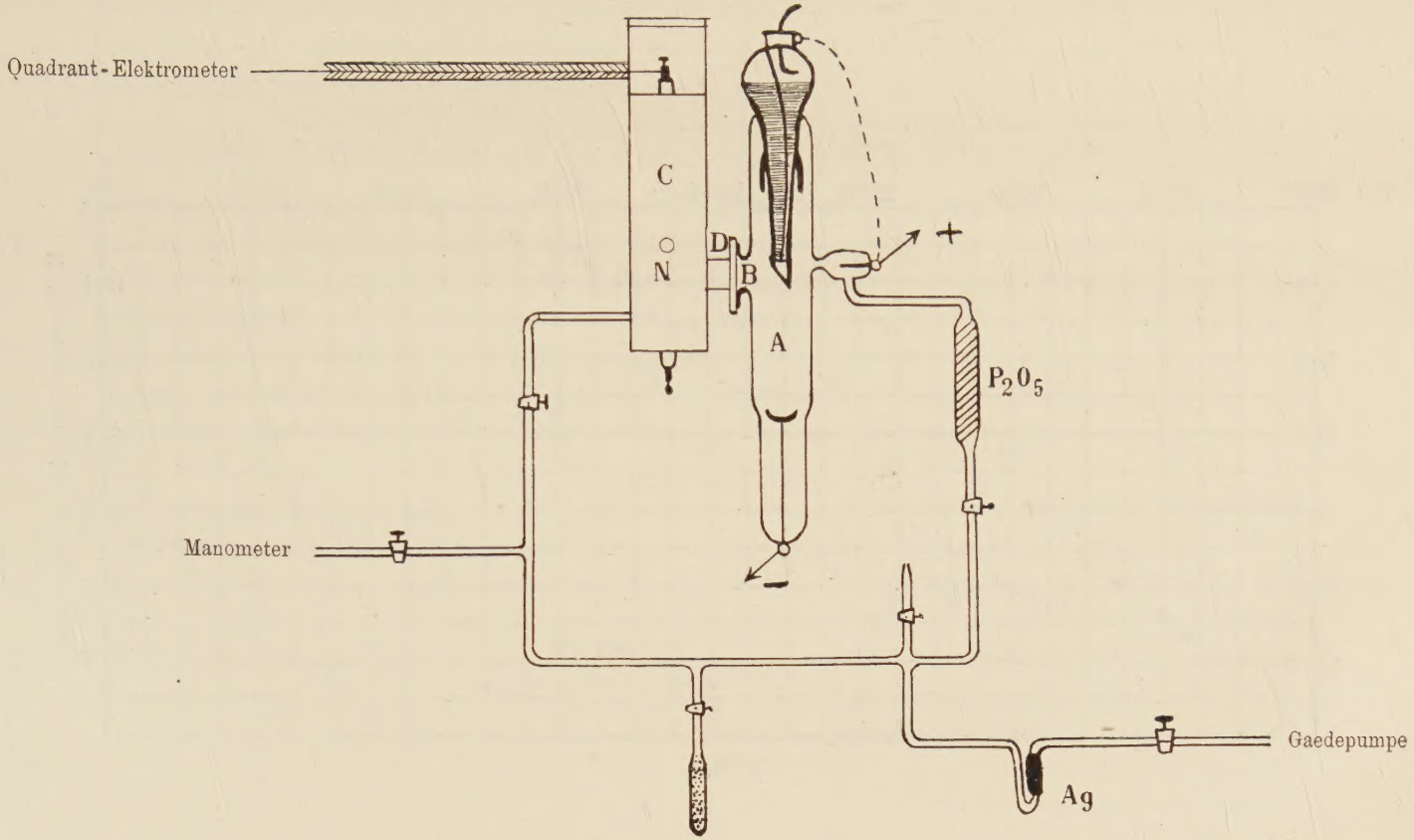
Fig. 1.



$^1/_2$ natürlicher Größe.

Die Klemme für das Netz *N*, O, liegt auf der Rückseite. Röntgenröhre *A* und Befestigung der Folie schematisch.

Fig. 2.



$^1/_5$ natürlicher Größe.
Schematisch.

Fig. 3.

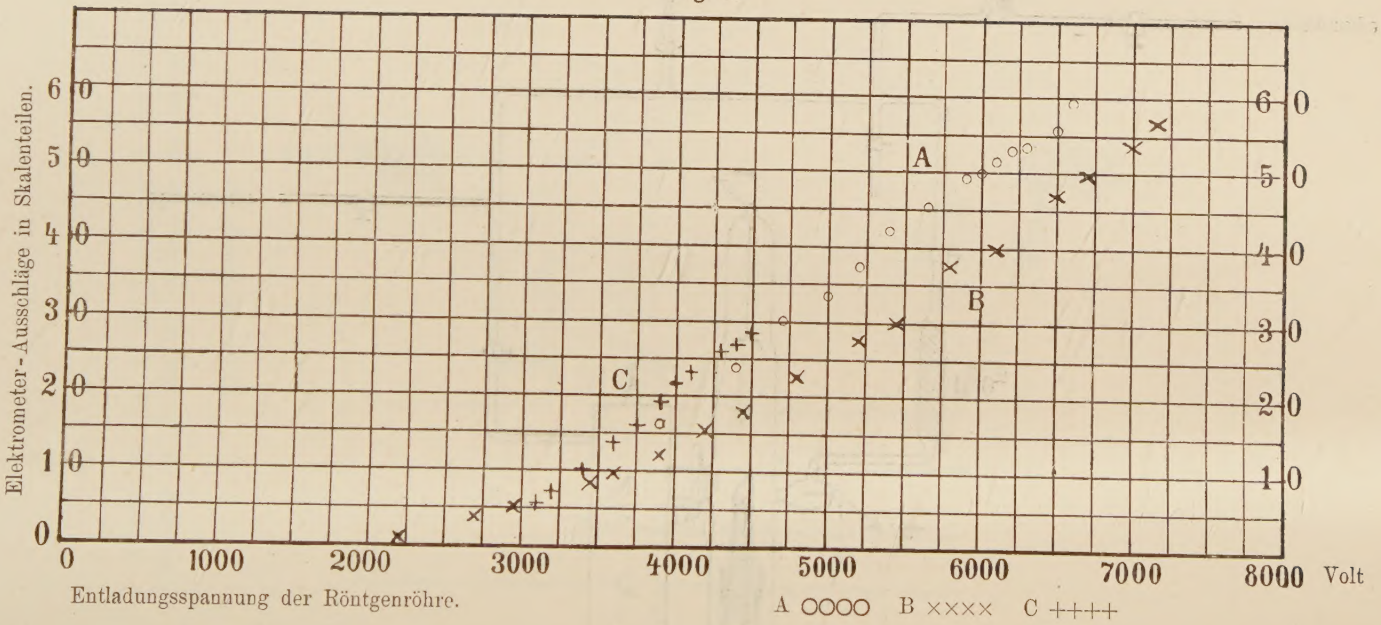
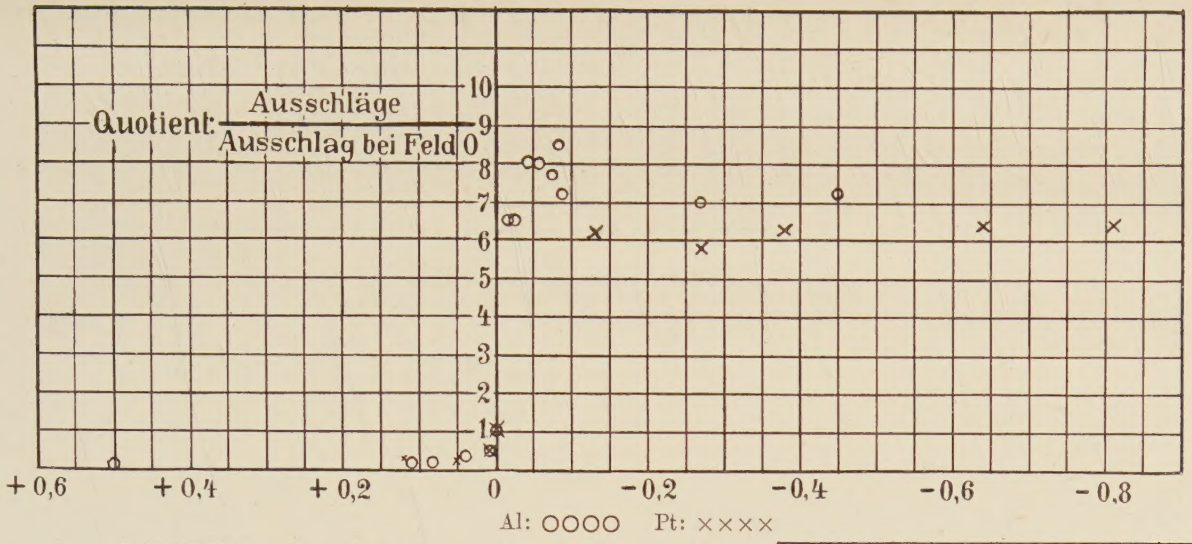

Elektrometer-Ausschläge in Skalenteilen.
0
10
20
30
40
50
60
0
1000
2000
3000
4000
5000
6000
7000
8000
Volt
A
B
C
Entladungsspannung der Röntgenröhre.
A ○○○○ B ×××× C ++++

Fig. 4.



Quotient: Feld (Radiator gegen Netz). / Entladungsspannung der Röntgenröhre.

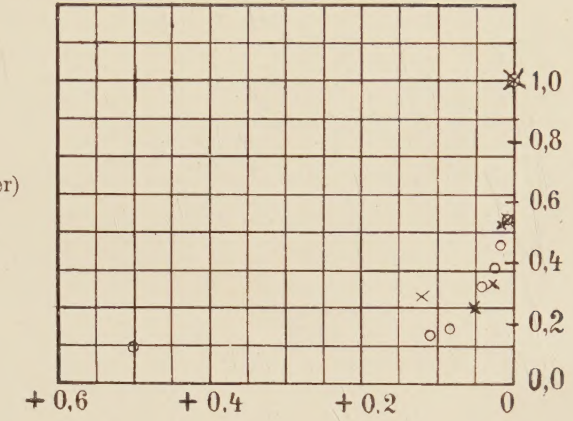


Fig. 4a.
Der linke Teil von Fig. 4 (positive Felder) in 8-facher Vergrößerung.